

Wprowadzenie	9
1. Podstawowe zagadnienia	15
Funkcje	16
Matematyka	16
Diagramy	16
Kod	17
Pochodne	20
Matematyka	20
Diagramy	20
Kod	21
Funkcje zagnieżdżone	22
Diagram	22
Matematyka	22
Kod	23
Inny diagram	23
Reguła łańcuchowa	24
Matematyka	24
Diagram	24
Kod	25
Nieco dłuższy przykład	27
Matematyka	27
Diagram	27
Kod	28
Funkcje z wieloma danymi wejściowymi	29
Matematyka	30
Diagram	30
Kod	30

Pochodne funkcji z wieloma danymi wejściowymi	31
Diagram	31
Matematyka	31
Kod	32
Funkcje przyjmujące wiele wektorów jako dane wejściowe	32
Matematyka	33
Tworzenie nowych cech na podstawie istniejących	33
Matematyka	33
Diagram	33
Kod	34
Pochodne funkcji z wieloma wektorami wejściowymi	35
Diagram	35
Matematyka	36
Kod	36
Następny etap — funkcje wektorowe i ich pochodne	37
Diagram	37
Matematyka	37
Kod	38
Funkcje wektorowe i ich pochodne w kroku wstecz	38
Grafy obliczeniowe z danymi wejściowymi w postaci dwóch macierzy dwuwymiarowych	40
Matematyka	41
Diagram	43
Kod	43
Ciekawa część — krok wstecz	43
Diagram	44
Matematyka	44
Kod	46
Podsumowanie	50

2. Wprowadzenie do budowania modeli 51

Wstęp do uczenia nadzorowanego	52
Modele uczenia nadzorowanego	53
Regresja liniowa	55
Regresja liniowa — diagram	55
Regresja liniowa — bardziej pomocny diagram (i obliczenia matematyczne)	57
Dodawanie wyrazu wolnego	58
Regresja liniowa — kod	58
Uczenie modelu	59
Obliczanie gradientów — diagram	59
Obliczanie gradientów — matematyka (i trochę kodu)	60

Obliczanie gradientów — (kompletny) kod	61
Używanie gradientów do uczenia modelu	62
Ocena modelu — testowe i treningowe zbiory danych	63
Ocena modelu — kod	63
Analizowanie najważniejszej cechy	65
Budowanie sieci neuronowych od podstaw	66
Krok 1. Zestaw regresji liniowych	67
Krok 2. Funkcja nieliniowa	67
Krok 3. Inna regresja liniowa	68
Diagramy	68
Kod	70
Sieci neuronowe — krok wstecz	71
Uczenie i ocena pierwszej sieci neuronowej	73
Dwa powody, dla których nowy model jest lepszy	74
Podsumowanie	75
3. Deep learning od podstaw	77
Definicja procesu deep learning — pierwszy krok	77
Elementy sieci neuronowych — operacje	79
Diagram	79
Kod	80
Elementy sieci neuronowych — warstwy	82
Diagramy	82
Elementy z elementów	84
Wzorzec warstwy	86
Warstwa gęsta	88
Klasa NeuralNetwork (i ewentualnie inne)	89
Diagram	89
Kod	90
Klasa Loss	90
Deep learning od podstaw	92
Implementowanie treningu na porcjach danych	92
Klasa NeuralNetwork — kod	93
Nauczyciel i optymalizator	95
Optymalizator	95
Nauczyciel	97
Łączenie wszystkich elementów	98
Pierwszy model z dziedziny deep learning (napisany od podstaw)	99
Podsumowanie i dalsze kroki	100

4. Rozszerzenia	101
Intuicyjne rozważania na temat sieci neuronowych	102
Funkcja straty — funkcja softmax z entropią krzyżową	104
Komponent nr 1. Funkcja softmax	104
Komponent nr 2. Entropia krzyżowa	105
Uwaga na temat funkcji aktywacji	108
Eksperymenty	111
Wstępne przetwarzanie danych	111
Model	112
Eksperyment: wartość straty z użyciem funkcji softmax z entropią krzyżową	113
Współczynnik momentum	113
Intuicyjny opis współczynnika momentum	114
Implementowanie współczynnika momentum w klasie Optimizer	114
Eksperyment — algorytm SGD ze współczynnikiem momentum	116
Zmniejszanie współczynnika uczenia	116
Sposoby zmniejszania współczynnika uczenia	116
Eksperymenty — zmniejszanie współczynnika uczenia	118
Inicjowanie wag	119
Matematyka i kod	120
Eksperymenty — inicjowanie wag	121
Dropout	122
Definicja	122
Implementacja	122
Eksperymenty — dropout	123
Podsumowanie	125
5. Konwolucyjne sieci neuronowe	127
Sieci neuronowe i uczenie reprezentacji	127
Inna architektura dla danych graficznych	128
Operacja konwolucji	129
Wielokanałowa operacja konwolucji	131
Warstwy konwolucyjne	131
Wpływ na implementację	132
Różnice między warstwami konwolucyjnymi a warstwami gęstymi	133
Generowanie predykcji z użyciem warstw konwolucyjnych	134
— warstwa spłaszczania	134
Warstwy agregujące	135
Implementowanie wielokanałowej operacji konwolucji	137
Krok w przód	137
Konwolucja — krok wstecz	140
Porcje danych, konwolucje dwuwymiarowe i operacje wielokanałowe	144

Konwolucje dwuwymiarowe	145
Ostatni element — dodawanie kanałów	147
Używanie nowej operacji do uczenia sieci CNN	150
Operacja Flatten	150
Kompletna warstwa Conv2D	151
Eksperymenty	152
Podsumowanie	153
6. Rekurencyjne sieci neuronowe	155
Najważniejsze ograniczenie — przetwarzanie odgałęzień	156
Automatyczne różniczkowanie	158
Pisanie kodu do akumulowania gradientów	158
Powody stosowania sieci RNN	162
Wprowadzenie do sieci RNN	163
Pierwsza klasa dla sieci RNN — RNNLayer	164
Druga klasa dla sieci RNN — RNNNode	165
Łączenie obu klas	166
Krok wstecz	167
Sieci RNN — kod	169
Klasa RNNLayer	170
Podstawowe elementy sieci RNNNode	172
Zwykłe węzły RNNNode	173
Ograniczenia zwykłych węzłów RNNNode	175
Pierwsze rozwiązanie — węzły GRUNode	176
Węzły LSTMNode	179
Reprezentacja danych dla opartego na sieci RNN modelu języka naturalnego na poziomie znaków	182
Inne zadania z obszaru modelowania języka naturalnego	182
Łączenie odmian warstw RNNLayer	183
Łączenie wszystkich elementów	184
Podsumowanie	185
7. PyTorch	187
Typ Tensor w bibliotece PyTorch	187
Deep learning z użyciem biblioteki PyTorch	188
Elementy z biblioteki PyTorch — klasy reprezentujące model, warstwę, optymalizator i wartość straty	189
Implementowanie elementów sieci neuronowej za pomocą biblioteki PyTorch — warstwa DenseLayer	190
Przykład — modelowanie cen domów w Bostonie z użyciem biblioteki PyTorch	191
Elementy oparte na bibliotece PyTorch — klasy optymalizatora i wartości straty	192

Elementy oparte na bibliotece PyTorch — klasa nauczyciela	193
Sztuczki służące do optymalizowania uczenia w bibliotece PyTorch	195
Sieci CNN w bibliotece PyTorch	196
Klasa DataLoader i transformacje	198
Tworzenie sieci LSTM za pomocą biblioteki PyTorch	200
Postscriptum — uczenie nienadzorowane z użyciem autoenkoderów	202
Uczenie reprezentacji	203
Podejście stosowane w sytuacjach, gdy w ogóle nie ma etykiet	203
Implementowanie autoenkodera za pomocą biblioteki PyTorch	204
Trudniejszy test uczenia nienadzorowanego i rozwiązanie	209
Podsumowanie	210

A Skok na głęboką wodę 211

Reguła łańcuchowa dla macierzy	211
Gradient dla wartości straty względem wyrazu wolnego	215
Konwolucje z użyciem mnożenia macierzy	215